УДК [611.75:547.96]:599.6'.73

О КОЛИЧЕСТВЕ БЕЛКА И ЕГО ФРАКЦИЙ В СИНОВИИ НЕКОТОРЫХ КОПЫТНЫХ

А. Г. Березкин

(Институт зоологии АН УССР)

Изучением физико-химических характеристик синовии занимались многие исследователи начиная с Фрерикса (Frerichs, 1846). Однако несмотря на значительное количество работ, проведенных в этой области (Kling, 1931; Геблер, 1935; Дитерхс, 1937; Майоров, 1938; Davies, 1945; 1946, 1952; Андреев, 1948; Ogston, Stanier, 1950, 1952, 1953; Бычков, 1948, 1950; Гейман, 1947; Смирнова, 1957; Pelt, 1962; Торм, 1963) и кажущуюся полноту анализа в них, ряд вопросов и сейчас остается нерешенным. Одна из причин этого — отсутствие исследований, проведенных на обширном сравнительно-анатомическом материале и подтвержденных целенаправленным экспериментом.

В отделе эволюционной морфологии Института зоологии АН УССР изучаются принципы строения и функционирования конечностей, причины их большой выносливости, пластичности и приспособляемости. В частности, ведется всестороннее исследование синовиальной жидкости, ее роли в биомеханике суставов и конечностей в целом.

Многие исследователи (Sundblad, 1950, Слуцкий, 1964, Стейси и Баркер, 1965 и др.) считают, что свойства синовии определяются, главным образом, содержанием белков и гиалуроновой кислоты. Учитывая это, мы провели серию исследований, установивших содержание в синовиальной жидкости мукопротеинов, общего белка и его фракций, гиалуроновой кислоты и ее фракций. Исследовали плечевой, локтевой, запястный, коленный и тарзальный суставы клинически здоровых животных: лошади Пржевальского — *Equus przewalskii* Pd. (четыре), свиньи домашней — *Sus scrofa domestica* L. (три), лани европейской *Cervus*

Таблица 1

Количество общего белка в синовиальной жидкости суставов копытных (в %)

Вид	Сустав				
	плечевой	локтевой	запястный	коленный	тарзальный
Лошадь Пржевальского	3,93	3,25	3,20	3,56	3,13
Свинья домашняя	*		3,20	3,56	3,83
Лань европейская	1,32	1,84	2,28	1,60	2,20
Антилопа канна	3,04	3,32	2,96	2,48	2,20
Марал	4,24	3,80	5,76	3,56	3,88
Бык домашний (до 1 года)	2,62	2,51	2,48	2,31	2,11
Бык домашний (3—5 лет)	3,62	2,92	3,08	2,71	2,27
Бык ватуси	3,32	2,56	3,40	2,24	3,56
Бизон	4,24	3,62	2,20	2,48	1,56

* Синовию не исследовали.

(*Dama*) *dama* L. (две), антилопы канны — *Taurotragus oryx* L. (четыре), марала — *Cervus elaphus sibiricus* Sev. (один), быка домашнего — *Bos taurus* L. (шесть), быка ватуси — *Bos brachiceros* Owen (два) и бизона — *Bison bison* L. (два). Количество общего белка определяли по методу Биурета. Фракционирование белка проводили методом электрофореза на бумаге. Для получения качественных электрофореграмм синовиальную жидкость (из-за ее высокой вязкости) необходимо предварительно обработать тестикулярной гиалуронидазой (Decker, Mc Gukin, Mckenzib, Slocumb, 1959; Hamerman, Sandson, 1960). При этом происходит частичная диполимеризация гиалуроновой кислоты и значительное уменьшение вязкости синовии. После этого электрофорез проводится так же, как электрофорез белков сыворотки крови (pH 8,6).

Из табл. 1 видно, что количество общего белка неодинаково как в гомологичных суставах разных животных, так и в разных суставах одного животного, причем различия довольно существенны. Наибольшее количество общего белка в синовии запястного сустава марала.

Следует отметить, что есть некоторая закономерность в концентрации общего белка в синовии суставов грудных и тазовых конечностей: в синовии суставов тазовых конечностей концентрация белка, как правило, меньше, чем в синовии гомодинамных суставов грудных конечностей. Объяснить это можно, анализируя функциональные особенности грудных и тазовых конечностей.

Известно, что при движении животного, особенно при беге с большой скоростью и прыжках, тазовые конечности активно отталкивают тело от грунта, а грудные принимают на себя тяжесть тела и перемещают его вперед. И при активном отталкивании тела, и при тушении резких толчков суставы испытывают большую нагрузку, однако характер ее различен, как различен он в разных суставах одной и той же конечности. Очевидно, эти функциональные особенности и обуславливают неодинаковое содержание общего белка как в синовии суставов грудных и тазовых конечностей, так и в суставах каждой конечности.

Исследования показали, что общее количество белка в синовии суставов конечностей копытных не одинаково не только у разных видов животных, но и у особей одного вида. В синовии суставов грудных конечностей общего белка, как правило, больше, чем в гомодинамных суставах тазовых конечностей.

Помимо определения общего количества белка в синовии мы проводили определение количества его фракций. Сведений о подобных исследованиях в литературе мало, и поэтому вопрос о значении и причинах того или иного соотношения этих фракций еще не решен. Значительно полнее и глубже изучено содержание общего белка и его фракций в сыворотке крови. Установлено, например, что количество и состав белка крови тесно связаны с разнообразными процессами, протекающими в организме: они участвуют в обмене веществ, выполняют регуляторные функции, а также входят в структуру всех клеток и тканей. При нормальном физиологическом состоянии организма в плазме крови высокодисперсные и стабильные белки (альбумины) преобладают над низкодисперсными и лабильными (фибриноген и глобулин). Равновесие количеств этих белков в здоровом организме строго поддерживается. При патологических состояниях это равновесие нарушается. По данным Капланского С. Я. (1962), уменьшение количества альбуминов сыворотки крови связано с понижением онкотического давления крови и сопровождается выходом определенного количества воды из кровеносного русла в лимфу и межклеточное пространство, что, в свою очередь, сказывается на процессах обмена веществ в организме. При этом особенно

Таблица 2

Содержание белковых фракций в синовиальной жидкости суставов конечностей копытных (в %)

Вид животных	Сустав																								
	плечевой					локтевой					запястный					коленный					тарзальный				
	альбу-мины	глобулины				альбу-мины	глобулины				альбу-мины	глобулины				альбу-мины	глобулины				альбу-мины	глобулины			
		α_1	α_2	β	γ		α_1	α_2	β	γ		α_1	α_2	β	γ		α_1	α_2	β	γ		α_1	α_2	β	γ
Лошадь Пржевальского	47,9	7,8	5,6	15,5	23,0	48,9	7,1	3,4	16,9	23,9	37,5	12,6	8,0	16,7	25,7	51,2	11,4	7,1	14,7	17,4	46,7	2,9	5,6	15,5	29,6
Антилопа канна	54,2	5,4	7,8	6,0	16,9	57,3	11,4	7,6	6,3	17,2	50,0	6,2	9,4	10,9	18,8	54,5	6,2	10,4	9,1	19,4	61,8	5,4	4,2	12,6	16,0
Марал	57,0	8,4	7,1	11,8	16,6	40,6	7,4	5,5	24,8	22,0	39,3	8,8	5,6	18,5	22,0	61,7	9,5	8,0	5,3	15,4	42,8	5,9	4,0	16,8	16,1
Бык домашний (3—5 лет)	40,8	9,1	6,0	13,0	30,7	34,7	9,9	6,7	13,9	34,8	27,2	9,9	8,9	16,6	40,1	39,3	6,7	5,4	19,0	29,5	40,3	8,9	5,8	13,1	32,6
Бык домашний (до 1 года)	43,3	8,6	5,5	15,5	30,3	41,5	9,1	6,2	12,0	31,5	36,2	11,4	6,9	13,0	33,7	36,7	10,4	7,4	11,6	32,9	39,8	9,6	4,9	13,7	33,8
Бык вагуси	36,1	7,1	3,7	10,8	42,2	44,5	11,1	6,5	7,1	30,6	31,5	11,7	10,2	15,1	26,0	36,0	8,2	5,7	17,7	31,8	32,6	8,5	9,4	19,8	29,9

нарушается обмен жиров, что ведет к накоплению жирных кислот в печени и к ожирению. Нарушается также обмен кальция, определяющего плотность эпителия сосудов. Изменение абсолютного количества γ-глобулинов является показателем нарушения иммунологических реакций организма.

Полученные нами электрофореграммы свидетельствуют о том, что разделение белков синовиальной жидкости сходно с разделением белков сыворотки крови: на бумаге четко выделяются альбумины, α_1-, α_2-, β- и γ-глобулины (рис. 1 и 2). На фореграмме 2 отчетливо видно обильное содержание в синовии высокодисперсных белков — альбуминов и незначительное количество низкодисперсных белков — глобулинов.

Как правило, в синовии гомологичных суставов у диких животных альбуминов больше, чем у домашних (табл. 2). Подобная закономерность характерна для локтевого, запястного, коленного и тарзального суставов. У всех исследованных животных самая низкая концентрация альбуминов обнаружена в синовии запястных суставов. В большинстве случаев процентное содержание альбумина в запястном суставе меньше, чем в тарзальном того же животного. Очевидно, это связано с более высоким уровнем обменных процессов в суставах тазовых конечностей в связи с их большей, по сравнению с грудными конечностями, функциональной активностью.

В большинстве случаев в синовиальной жидкости исследованных нами животных концентрация α_1-глобулинов превышает концентрацию α_2-глобулинов. Концентрация β-глобулинов больше, чем α_1-глобулинов, и, наконец, концентрация γ-глобулинов значительно превышает концентрацию β-

глобулинов. По количественному содержанию γ-глобулины, судя по электрофореграммам, занимают второе место после альбуминов.

Таким образом, электрофорез на бумаге белков синовиальной жидкости суставов конечностей клинически здоровых млекопитающих

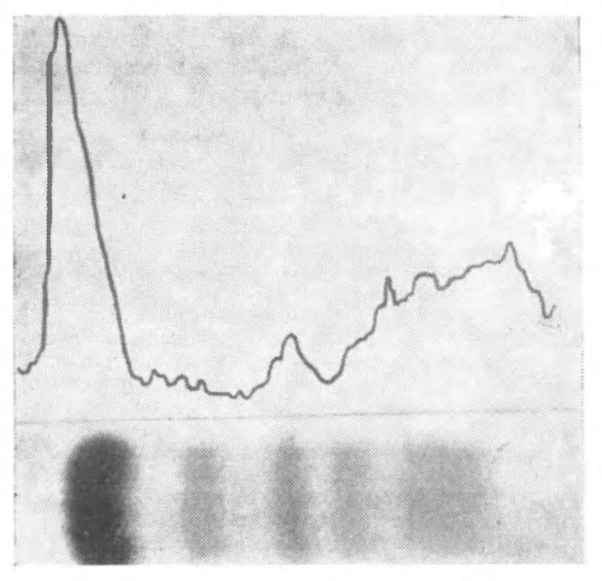


Рис. 1. Электрофореграмма белков сыворотки крови быка домашнего.

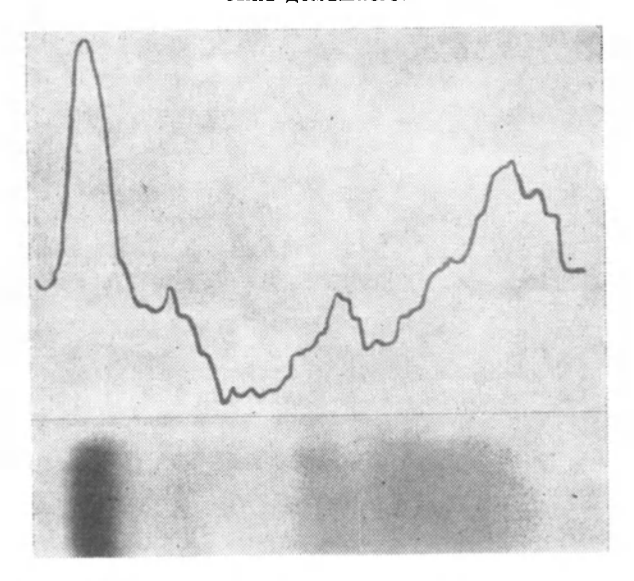


Рис. 2. Электрофореграмма белков синовии запястного сустава быка домашнего.

показывает, что белки четко разделяются на высокодисперсные — альбумины и низкодисперсные — глобулины.

По относительному количеству альбумины всегда превышают любую из фракций глобулина. У всех исследованных нами животных самое низкое содержание альбуминов обнаружено в синовии запястных суставов. В свою очередь глобулины представлены α_1-, α_2-, β- и γ-фракциями,

концентрация которых возрастает в такой последовательности: α_2-, α_1-, β- и γ. Разделение белков синовии на фракции сходно с разделением белков сыворотки крови, и это может быть косвенным доказательством того, что между сывороткой крови и синовией происходят обменные процессы, включающие общий белок и его фракции. Повышенная концентрация γ-глобулинов в синовии суставов конечностей, на наш взгляд, свидетельствует о высоких иммунологических свойствах синовии и высоких барьерных приспособлениях суставов.

ЛИТЕРАТУРА

Андреев П. П. 1948. О строении суставов лошади. Ветеринария, № 2.

Бычков С. М. 1948. Гиалуроновая кислота и ее физиологическое значение. Усп. совр. биол., т. 21, № 1.

Его же. 1950. Мукополисахариды и мукопротеины и их роль в физиологии и патологии животного организма. Усп. совр. химии, № 1.

Геблер К. 1935. Физико-химические проблемы в хирургии. М.

Гейман Е. Я. 1947. Ферментная система: гиалуронидаза-гиалуроновая кислота в физиологии и патологии животного организма. Усп. совр. биол., т. 23, № 3.

Дитерикс М. М. 1937. Введение в клинику заболеваний суставов. М.

Капланский С. Я. 1962. Фракции белков крови в норме и при различных патологических состояниях. В сб.: «Хим. основы процессов жизнедеятельности». М.

Майоров С. Н. 1938. Исследования некоторых физико-химических свойств солевого состава синовиальной жидкости КРС. Физиол. журн. СССР, т. 24, в. 6.

Слуцкий Л. И. 1964. Некоторые биохимические аспекты исследования синовиальной жидкости. Тр. Рижского н.-и. ин-та травматол. и ортопедии, т. 7.

Смирнова Л. Г. 1957. Гиалуроновая кислота и гиалуронидаза и их значение в биологии и медицине. Клинич. мед., т. 35, № 6.

Стейси М., Баркер С. 1965. Углеводы живых тканей. М.

Торм М. И. 1963. Повреждение менисков коленного сустава болезнь гоффа. Автореф. канд. дисс. Рига.

Davies D. V. 1945. The cell content of synovial fluid. J. Anatomy, v. 79, part 2.

Его же. 1946. Synovial membrane and synovial fluid joints. Lancet, t. 251.

Его же. 1952. Specificity of staining methods for mucopod lysacharides of hyaluronic acid type. Techn., v. 27.

Decker B., Mc. Gukin W. F., Mckenzie B. F., Slocumb C. H. 1959. Concentration of hyaluronic acid in synovial fluid. Chimical Chem., v. 5, № 5.

Frerichs F. 1846. Handbuch der Physiologie mit Rucksicht auf physiologische Pathologie., v. 3, Abt. 1, Braunschweig.

Hamerman D. and Sandson J. 1960. Isolation of hyaluronate from human synovial fluid by zone electrophoresis. Natur, t. 188.

Kling D. H. 1931. The nature and origin of synovial fluid. Arch. Surg., v. 23, № 4.

Ogston A. J. and Stanier J. E. 1950. On the state of hyaluronic acid in synovial fluid. Biochem J., v. 46, № 3.

Их же. 1952. Further observation on the preparation and composition of the hyaluronic acid complex of ox synovial fluid. Biochem. J., v. 52.

Их же. 1953. The physiological function of hyaluronic acid in synovial fluid, viscous, elastic and lubricant properties. J. Physiol., v. 119, № 2—3.

Pelt R. W. 1962. Anatomy and physiology of articular structures. Veterin. Med., v. 57, № 2.

Sundblad L. 1950. The chemistry of synovial fluid with special regard to hyaluronic acid. Acta Orthopaed. Scand., v. 20.

Поступила 29.X 1969 г.

ON THE AMOUNT OF PROTEIN AND ITS FRACTIONS IN SYNOVIA OF SOME UNGULATA

A. G. Berezkin

(Institute of Zoology, Academy of Sciences, Ukrainian SSR)

Summary

The data obtained on the amount of total protein and its fractions in synovial liquid of shoulder, ulnar, carpal, knee and tarsal joints in *Equus przewalskii, Sus scrofa domestica, Cervus (Dama) dama* L., *Taurotragus oryx, Cervus elaphus sibiricus* (Sev.), *Bos taurus, Bos brachiceros, Bison bison* indicate that this amount is not the same not only in different species of animals but even in different individuals of one species. In the synovia of thoracic limb joints there is a greater amount of total protein than in homodynamic joints of pelvic limbs.

Paper electrophoresis of synovia proteins showed their distinct separation into albumins and globulins. Relative amount of albumins is always higher than that of any globulin fraction. Globulins are divided into α_1-, α_2-, β- (sometimes β_1- and β_2-) and γ-fractions, concentrations of which increases in succession α_2-, α_1-, β- and γ.